

音楽の主観的時間に楽曲構造が与える効果(2) :
一対比較法および再生法による検討

Reexamination of the Effects of Musical Structure on Subjective Time

山口 星香[†], 小野 貴史^{††}, 大西 仁^{†††}

Seika Yamaguchi, Takashi Ono, Hitoshi Ohnishi

[†]放送大学大学院文化科学研究科, ^{††}信州大学学術研究院教育学系, ^{†††}放送大学教養学部

[†]Graduate School of Arts and Sciences, The Open University of Japan, ^{††}Shinshu University, Academic Assembly School of Humanities and Social Sciences Institute of Education, ^{†††}Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan

2317001162@campus.ouj.ac.jp

概要

本研究では、音楽聴取時に生起する主観的時間の感覚と楽曲構造との関連性を明らかにすることを目的として、一対比較法および再生法による聴取実験を実施した。分析の結果、音高推移、和声進行、休符位置といった構造的要素が主観的時間に一定の影響を及ぼす可能性が示唆された。しかしながら、再生法において統計的に有意な差は認められず、本研究のような操作による時間の伸縮効果は限定的であるにとどまった。

キーワード：時間評価 (time estimation), 音楽知覚 (music perception), 一対比較法 (paired comparison), 再生法 (reproduction)

1. はじめに

主観的時間とは、実際の経過時間とは別に、個人が心理的にどの程度の時間が過ぎたと感じるかという時間感覚を指す。楽曲構造とは、音楽として知覚されるための音の配列における規則性のことであり、一般的にはリズム、メロディ、ハーモニーの三要素が音楽の基本的構成とされている。さらに、二部形式やソナタ形式といった楽曲の形式的構造も含めて捉えるのが本来の楽曲構造である。

先行研究における音楽の主観的時間に関する知見の多くは、非常に短い音刺激に対する時間評価に基づいており、音楽というよりも音響実験の範疇にとどまっている[1][2][3]。こうした音響的刺激が音楽として知覚されるとは言い難い。また、これまでの音楽を刺激とした研究では、調やテンポ、音高といった要素を独立変数として操作したものは存在するものの、楽曲内のリズムパターンや音高の変化については十分に統制されて

おらず、異なる楽曲同士を比較する手法が一般的であった[4][5][6]。そのため、主観的時間に影響を与える要因の特定ができない。

このような背景を踏まえ、楽曲構造の変化が主観的時間に与える影響を検討するために、山口ほか[7]は、オリジナル楽曲（原型）に対して楽理的操作を加えた16の変奏楽曲（変型）で構成された楽曲セット（Sample1・Sample2）を用意し、それぞれ一対比較法による比較聴取を行った[7]。しかし、主観的時間の有意な伸長が認められたのはSample2のみであり、Sample1ではいずれの楽曲にも有意な変化は見られなかった。

このようにSample間で一貫した結果を得ることができなかったことから、有意な伸長が起きたSample2の楽曲構造を踏襲したSample3を作成した。

本研究は、山口ほか[7]で行った一対比較法による追試に加え、主観的時間の具体的な伸縮量を明らかにすることを目的として、新たに再生法による時間評価を実施した。

2. 本研究の概要と位置づけ

山口ほか[7]では刺激として、ハ長調 4/4 拍子 8 小節から成る Sample1 と、ニ長調 3/4 拍子 8 小節から成る Sample2 の 2 種類の楽曲を作成した。各 Sample は、オリジナル楽曲（原型）と、そこから楽理的に変奏を加えた 16 の変型楽曲を含む全 17 曲で構成され（表 1）、それぞれの Sample ごとに一対比較法により主観的時間を評価した。

表 1 各 Sample の楽曲構成

変奏	リズム変奏					音高変奏			
	原型	下拍細分	上拍細分	3連符	16分音符	音程跳躍	反行	逆行	移旋
基本形変型	00	01	02	03	08	09	10	11	12
細分化変型	04	05	06	07		13	14	15	16

譜例 1 Sample1・Sample2・Sample3 の原型 (00)

Sample1

Sample2

Sample3

譜例 2 Sample3 の変奏例 (変型 01, 02, 03, 09, 10, 11, 12 の前半 4 小節)

01

02

03

09

10

11

12

また、各楽曲に対する好みについて 5 段階評価を行い、楽曲への好みと主観的時間との相関関係についても検討した。その結果、楽曲への好みと主観的時間には相関関係は見られず、一対比較法では Sample 2 にのみ有意な主観的時間の伸長が生じた。音高変奏グループの音程跳躍変型 09・13 や、リズム変奏グループの 3 連符変型 03・07 など、主に音高の推移に明確な変化が見られる条件において、時間の伸長が生じる可能性が示唆された。

しかし、Sample 2 と同様の操作を行った Sample 1 では、主観的時間の有意な変化は認められなかった。その要因として、拍子、コード進行、休符の位置が影響している可能性がある (譜例 1 を参照)。

Sample 1 の 4/4 拍子は、日本人にとって馴染み深く、日常的に多くの音楽で耳にする拍子である。一方、Sample 2 は 3/4 拍子であり、相対的に聴きなじみが薄い点が主観的時間に影響を及ぼした可能性がある。また、Sample 1 ではドミナントモーション (V→I) が頻繁に現れ、さらに各フレーズ末に配置された休符が楽曲の区切りを強調していた。対して Sample 2 では、ドミナントモーションや休符が限定的に用いられ、構造的なまとまりが曖昧であった。これらの違いから、Sample 1 では変型を聴いた際に原型の構造が想起されやすく、主観的時間も原型に引き寄せられた可能性がある。

そこで本研究では、Sample1 と同様にハ長調・4/4 拍子・8 小節という基本的な構造を保ちつつ、Sample2 の楽曲構造を反映した Sample3 を新たに作成し、追実験を行った。これらの構造を Sample3 に取り入れることで、ドミナントモーションを含む和声進行や休符の配置が主観的時間に与える影響をより明確に検証することを目的とした (譜例 1 を参照)。

さらに、本研究では再生法を導入することで、主観的時間の伸縮量を定量的に評価することを試みた。

3. 実験方法

3.1 一対比較法

参加者：正常な聴力を持つ満 18 歳以上の 46 名が参加し、そのうちのデータに不備のなかった 46 名を分析対象とした。男性 23 名、女性 22 名、その他 1 名、平均年齢 32.43 歳、SD は 10.58 であった。

刺激と装置：音楽刺激はすべて、音楽聴取用モニターヘッドフォン (アシダ音響 ST-90-05) を使用し、楽譜作成ソフト MuseScore 3 上で稼働する MIDI 音源 (Microsoft GS Wavetable SW Synth のピアノ音源) により再生した。音源は WAV 形式のステレオ録音とし、量子化ビット数 16bit、サンプリング周波数 44.1kHz、テンポは BPM120 に統一した。

Sample3 は、Sample1 と同様にハ長調・4/4 拍子・8 小節で構成されるが、楽曲構造においては Sample2 の特

徴を踏襲した。具体的には、(1) 第3音から始まる旋律、(2) 前半4小節・後半4小節で同一の音価を用いた構成、(3) 1-2小節目と5-6小節目の鏡像関係、(4) 3-4小節目と7-8小節目の同一音型、(5) 4・8小節末のみの休符配置、の5点である。これらの構造を取り入れることで、ドミナントモーションを含む和声進行および休符の位置が主観的時間に与える影響を検討した。なお、各 Sample は原型 (00) 1 曲と、その変奏 (01~16) による 16 曲の計 17 曲で構成した (表 1 参照)。各変奏の具体的な変奏内容については、山口ほか[7]、譜例 2 を参照されたい。譜例 2 はいずれも Sample3 の原型 00 を表 1 の操作方法で変奏した変奏 (01, 02, 03, 09, 10, 11, 12) の前半 4 小節である。

手続き: Sample3 の原型および 16 の変奏からなる 17 曲を対にし、各対につき 1 回ずつ主観的時間の比較を行った。対内の楽曲提示順 (先行/後続) はランダムに設定した。

各試行では、まず 1.4s の無音区間 (0.2s のブランク画面 → 1.0s の「次「先行曲」」を表示 → 0.2s のブランク画面) の後、先行曲を提示した。続いて再び 1.4s の無音区間 (0.2s のブランク画面 → 1.0s の「次「後続曲」」を表示 → 0.2s のブランク画面) の後に後続曲を提示し、後続曲提示後、どちらが長く聴こえたかを指定キーにより回答させた。回答後は直ちに次の試行に移行した。およそ 10 試行ごとに 1 分間の小休憩を促す画面表示を行い、さらに約 30 分ごとに 5 分程度の休憩を取るよう指示した。比較聴取終了後には、各楽曲に対する好ましきについて、5 段階 (1: 好ましくない ~ 5: 好ましい) で評価を行わせた。

分析方法: 一対比較データの分析には、順序効果 (先行曲提示による伸長) を考慮した Bradley-Terry モデルを用いた (R version 4.4.1, *BradleyTerry2* パッケージ) [8]。楽曲 i の主観的時間を λ_i 、順序効果を δ_z 、楽曲 i が楽曲 j より長く感じる確率を p_{ij} とし、以下のロジスティック回帰モデルを仮定し、最尤法により λ_i を推定した。

$$\log \frac{p_{ij}}{1 - p_{ij}} = \lambda_i - \lambda_j + \delta_z$$

3.2 再生法

参加者: 正常な聴力を持つ満 18 歳以上の 56 名が参加し、そのうちのデータに不備のなかった 56 名を分析対象とした。男性 27 名、女性 28 名、その他 1 名、平均年齢 32.23 歳、SD は 10.59 であった。

刺激と装置: 音楽刺激には、各 Sample における原型および変奏 13 を使用し、計 6 曲を用いた。変奏 13 は、

Sample2 の一対比較法において最も主観的時間の伸長効果が大きく示された変奏であり、その結果を踏まえて選定された。使用機材は一対比較法と同様である。

手続き: 各 Sample について、原型 00 および変奏 13 をそれぞれ 10 回ずつ提示し、聴取していた時間を再生法により再現させた。楽曲の提示順はランダムに設定した。

各試行では、まず 1.4s の無音区間 (0.2s のブランク画面 → 1.0s の「音楽が流れます」という表示 → 0.2s のブランク画面) の後、楽曲を提示した。

提示後、0.2s のブランク画面をはさみ、「音楽の流れていた時間と同じ時間を再現してください。F キーまたは J キーを押してから、次に同じキーを押すまでの時間で再現します」という指示を画面に表示した。

被験者は任意のタイミングでキーを押下し、時間を再現した。再現後は直ちに次の試行に移行した。

およそ 15 試行ごとに、画面上で 5 分間の休憩を促す表示を行い、休憩を指示した。

分析方法: 再生法で得られたデータに対しては、対応のある t 検定を用いて、各 Sample 楽曲における原型と変奏の主観的時間平均に有意な差があるかを検討した。

4. 結果

4.1 一対比較法

Sample3 におけるモデルの逸脱度 (Residual deviance) は、自由度 255 の χ^2 分布における上側 5% 点よりも小さい値であった。このことから、Bradley-Terry モデルによって楽曲の主観的時間を適切に尺度化できたと判断される。

Bradley-Terry モデルによる分析の結果、変奏 04、変奏 14、変奏 15 において主観的時間の有意な伸長が確認された ($p < .05$)。また、順序効果も有意であり、後続曲のほうが長く聴こえる傾向があった ($p < .01$)。

また、主観的時間と楽曲の選好との相関については、有意な関係は認められなかった ($r = -0.07, p = .79$)。

4.2 再生法

再生法による対応のある t 検定の結果、いずれの Sample においても原型 00 と変奏 13 の主観的時間の平均値には有意な差が見られなかった (Sample1: $t = -1.90, p = .063$; Sample2: $t = -0.87, p = .385$; Sample3: $t = -1.27, p = .209$)。

5. 考察

5.1 一対比較法

一対比較法の結果、変型 03, 変型 14, 変型 15 において主観的時間の有意な伸長が確認された。これらは Sample2 の結果とも一部共通しており、いずれも音高推移に変化がある変型であったことから、リズムの変化よりも音高の変化を伴う楽曲構造の方が、主観的時間を伸長させる効果が限定的ながらも存在することが示唆された。

また、Sample1 で有意差が見られなかった要因として挙げた拍子、和声進行、休符の位置の影響については以下のように考察される。まず、拍子に関しては、Sample1 と同じく 4/4 拍子であった Sample3 において、Sample2 と共通する有意な伸長が一部認められたことから、4/4 拍子そのものが影響した可能性は低いと考えられる。

一方、ドミナントモーションを含む和声進行や、それに伴う休符の位置については、Sample2 の構造を反映させた Sample3 において、楽曲の区切りを強調する構造が減少していた。これらの点から、拍子よりも、楽曲の区切りや終止感を認識させる和声進行や休符の配置といった要素が、主観的時間の伸長に影響を及ぼしている可能性が高いと考えられる。

5.2 再生法

再生法の結果、Sample2 において主観的時間の伸長が示唆された音程跳躍を用いた変型 13 と原型 00 を比較したが、いずれの Sample においても有意な差は確認されなかった。

一対比較法では Sample2 および Sample3 において一部の変型で主観的時間の伸長が見られたものの、再生法の結果を踏まえると、その効果は小さい。したがって、楽曲構造の操作によって主観的時間を変化させる効果は存在するものの、非常に限定的である可能性が高いと考えられる。

6. 結論

本研究では、音楽を聴取している際に感じる主観的時間と楽曲構造との関連を明らかにすることを目的として、一対比較法および再生法を用いた聴取実験を実施した。一対比較法では、リズムや音高などを操作した 16 の変奏とオリジナル楽曲を比較し、どちらがより長く感じられるかを評価した。再生法では、主観的時間の伸長が示唆された音程跳躍の変奏とオリジナルを比較した。

その結果、音高推移の変化が主観的時間の伸長に寄与する可能性が一部に認められた。また、各 Sample の分析結果から総括すると、音高推移の変化に加えて和声進行や休符の位置といったフレーズの区切りや終止感を認識させる構造の頻度が、主観的時間に影響を与える可能性が示唆された。

しかしながら、再生法においては全 Sample で有意差が確認されず、本研究のような部分的な楽曲構造の操作による主観的時間の伸縮効果は小さく、一貫した結果とはならなかった。以上より、楽曲構造による主観的時間の操作できる可能性は示唆されたものの、その効果は限定的であった。したがって、今後はさらに構造の複雑性や聴取文脈を考慮した検討が必要であると結論づけられる。

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 25H00778 の補助を受けた。

7. 文献

- [1] Boltz, M. G. (2011). Illusory Tempo Changes Due to Musical Characteristics. *Music Perception*, 28(4), 367–386.
- [2] Droit-Volet, S., Bigand, E., Ramos, D., & Bueno, J. L. O. (2010). Time flies with music whatever its emotional valence. *Acta Psychologica*, 135(2), 226–232.
- [3] Jeon, J. Y., & Fricke, F. R. (1997). Duration of Perceived and Performed Sounds. *Psychology of Music*, 25(1), 70–83.
- [4] Panagiotidi, M., & Samartzi, S. (2013). Time estimation: Musical training and emotional content of stimuli. *Psychology of Music*, 41(5), 620–629.
- [5] Plastira, M. N., & Avraamides, M. N. (2021). Music Tempo and Perception of Time: Musically Trained vs Nontrained Individuals. *Timing & Time Perception*, 10(2), 142–157.
- [6] Quinn, S. (2005). *The Perception of Time in Music*.
- [7] 山口星香, 小野貴史, & 大西仁. (2024). 音楽の主観的曲長に楽曲構造が与える効果, Effects of Musical Structure on Subjective Duration of Music Pieces. *日本認知科学会第41回大会発表論文集*, 179-182.
- [8] Turner, H., & Firth, D. (2012). Bradley-Terry Models in R: The BradleyTerry2 Package. *Journal of Statistical Software*, 48, 1–21.